FESTREDE

IM NAMEN

DER

GEORG-AUGUSTS-UNIVERSITÄT

ZUR

AKADEMISCHEN PREISVERTEILUNG

AM V. JUNI MDCCCCI

GEHALTEN

VON

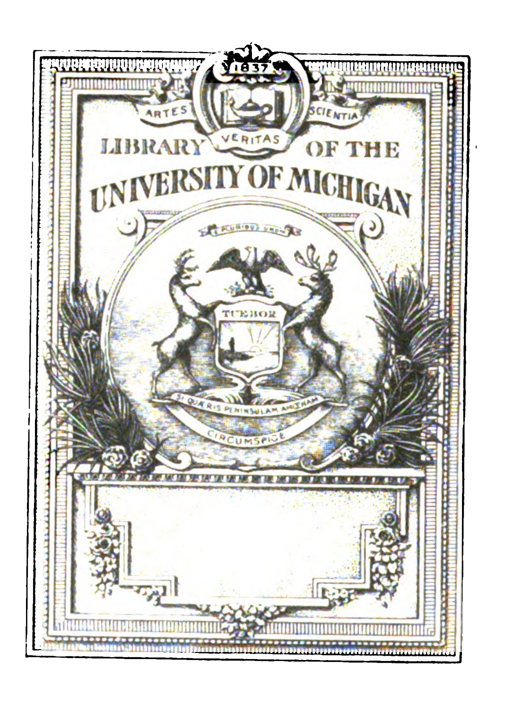
THEODOR LIEBISCH.

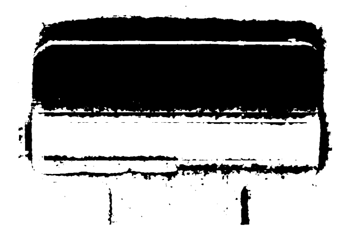
Die Synthese der Mineralien und Gesteine.

GÖTTINGEN 1901.

DRUCK DER DIETERICH'SCHEN UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKEREI

(W. FR. KÄSTNER).


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUÆRIS PENINSULAM AMŒNAM
CIRCUMSPICE



FESTREDE

IM NAMEN

DER

GEORG-AUGUSTS-UNIVERSITÄT

ZUR

AKADEMISCHEN PREISVERTEILUNG

AM V. JUNI MDCCCCI

GEHALTEN

VON

THEODOR LIEBISCH. 1852-1922

Die Synthese der Mineralien und Gesteine.

GÖTTINGEN 1901.

DRUCK DER DIETERICH'SCHEN UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKEREI

(W. FR. KÄSTNER).

Hochansehnliche Versammlung!

Die Frage nach der Entstehung der Erde und der Entwicklung, die sie durchlaufen hat, ist zu allen Zeiten ein Gegenstand anhaltenden Nachdenkens und lebhafter Diskussionen gewesen. Aber die Erkenntnis, dass der zugängliche Teil der festen Erdkruste in der Beschaffenheit, der Anordnung und den Lagerungsverhältnissen der Gesteine, die ihn aufbauen, die Dokumente darbietet, aus deren Untersuchung die Geschichte der Bildung der Erdrinde und ihrer Veränderungen entnommen werden kann, tritt erst in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts auf. Im Vordergrunde des allgemeinen Interesses stehen auch jetzt noch die Versuche auf spekulativem Wege eine Vorstellung über die Erdbildung zu gewinnen. Gleichwohl wächst allmählich der weniger geachtete Schatz exakter Beobachtungen, in denen die Keime zu sachgemässen Anschauungen über die Vergangenheit der Erde enthalten sind. Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts erreicht dann die Kenntnis der Erdkruste eine Entwicklungsstufe, auf der eine weitgehende Arbeitsteilung notwendig wird. Mit selbständigen Aufgaben schreiten nun die mineralogischen und die geologischen Wissenszweige nach verschiedenen Richtungen fort. Ein Ziel aber bleibt ihnen gemeinsam. Denn trotz aller Verschiedenheiten der Gesichtspunkte, unter denen sie den augenblicklichen Zustand der Erdrinde, die Vorgänge, die sich auf ihr vor unsern Augen abspielen, und die Veränderungen, die sie früher erfahren hat, zu erforschen bestrebt sind, trotz der Verschiedenheit der Arbeitsweisen, die dabei ausgebildet werden müssen, besteht eine unzerstörbare Verbindung jener Wissensgebiete durch das alte genetische Problem, durch die Frage nach der Bildung und Umbildung der Stoffe, aus denen der Erdkörper zusammengesetzt ist.

Begründete Ansichten über die Entstehung der Mineralien und Gesteine konnten erst aufgestellt werden, nachdem die Unterscheidung und Untersuchung dieser Gebilde nach ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften, die vergleichende Beobachtung ihres Auftretens und ihrer Verbreitung, die Ermittlung der Gesetzmässigkeiten, von denen der Aufbau der Erdrinde beherrscht wird, eine gewisse Höhe erreicht hatten. Von hier aus war aber auch klar zu erkennen, dass auf dem Wege der Beobachtung des heutigen Zustandes der Erdrinde und der fortdauernden geologischen Vorgänge das Ziel der genetischen Forschung noch nicht erreicht werden kann, und diese Einsicht ist in demselben Masse befestigt worden, in welchem die Kenntnis der Erdrinde fortgeschritten ist. Wohl hat die Beobachtung für sich allein zu zahlreichen sicheren genetischen Anschauungen geführt. Allein viele Einzelheiten der Bildungsweisen der Körper, die in der Erdrinde angetroffen werden, blieben in Dunkel gehüllt. Nicht selten schienen sogar sicher beobachtete räumliche Beziehungen dieser Körper in direktem Widerspruche zu stehen mit den Eigenschaften, die an ihnen durch Versuche im Laboratorium unzweifelhaft festgestellt werden konnten.

In allen Fällen nun, in denen ein Fortschritt in der Lösung genetischer Probleme aus Beobachtungen in der Natur nicht gewonnen werden konnte, blieb nur der eine Ausweg übrig, experimentell das Verhalten der in Betracht kommenden Stoffe eingehender zu prüfen, unter Bedingungen, die mit den in der Natur bestehenden Verhältnissen so vollständig als möglich übereinstimmen. Auf solche Weise entstand eine experimentelle Forschungsrichtung in der Mineralogie und Geologie, deren Anfänge nicht über den Beginn des 19. Jahrhunderts zurückreichen. War doch noch in den beiden darauf folgenden Jahrzehnten die Meinung weit verbreitet, dass zur Bildung der Körper, die den zugänglichen Teil der Erdrinde zusammensetzen, Zeiträume und Kräfte erforderlich seien, deren Anwendung im Laboratorium uns versagt ist. Man konnte, in dieser Meinung befangen, nicht hoffen, die Entstehungsbedingungen von Mineralien und Gesteinen jemals vollständig zu beurteilen.

Unaufhörlich verlaufen auch in der Gegenwart auf der Erdoberfläche Vorgänge der Bildung und Umbildung von Mineralien und Gesteinen, deren sorgfältige Beobachtung den Ausgangspunkt aller genetischen Anschauungen bilden muss. Gleichwohl sind auch sie nicht imstande, die unter willkürlichen Aenderungen

der Entstehungsbedingungen ausgeführten Synthesen zu ersetzen. Ein Beispiel möge zur Erläuterung dienen.

Ueber die Bildung von Ablagerungen im Mündungsgebiet von Flüssen, die sich in Salzwasserbecken ergiessen, und die Verteilung von Sedimenten auf dem Meeresboden lehrt die Beobachtung, dass nicht nur, wie wohl vermutet werden könnte, hydrodynamische Verhältnisse mitwirken. Denn die Untersuchung des Meeresgrundes hat ergeben, dass trotz der Meeresströmungen alle festen Bestandteile, die in das Meer gelangen, in der Nähe der Küsten abgelagert werden und nur in schmalen Säumen die Festländer umgürten. Auch die feinsten Bestandteile der Massen, die von Flüssen mechanisch fortgeführt werden, sinken rasch zu Boden, wenn das Flusswasser mit Meerwasser vermischt wird. Zweifellos beruht diese ausserordentliche Steigerung der Geschwindigkeit der Sedimentation auf der chemischen Beschaffenheit der im Meerwasser aufgelösten Stoffe. Aber aus den Beobachtungen in der Natur ist näheres über diesen für die Entstehung von marinen Sedimenten überaus wichtigen Vorgang nicht zu entnehmen. Das Experiment muss sich des Vorganges bemächtigen, um den Einfluss chemisch verschiedener im Wasser gelöster Stoffe auf die Geschwindigkeit des Niedersinkens suspendierter Körper quantitativ zu verfolgen.

Im Jahre 1851 wurde von Th. Scheerer durch Versuche festgestellt, dass Wasser, welches äusserst fein verteilte, suspendierte Körper enthält, in wenigen Augenblicken geklärt wird durch Zusatz einer äusserst geringen Menge einer starken Säure oder eines ihrer Salze. Aber erst vor wenigen Jahren ist durch G. Bodländer an Kaolinsuspensionen nachgewiesen worden, dass die Klärung nur durch Elektrolyte bewirkt wird. Nicht-Elektrolyte bleiben auch in grossen Mengen wirkungslos. Die klärende Wirkung ist nicht proportional der in der Raumeinheit enthaltenen Menge des gelösten Elektrolyten, sondern es giebt einen Schwellenwert der Konzentration, der überschritten werden muss, damit der Elektrolyt wirksam werde. Oberhalb dieses Wertes nimmt die klärende Wirkung rasch mit der Konzentration zu. Vor allem beachtenswert ist die Thatsache, dass minimale Mengen von Elektrolyten schon starke klärende Wirkungen auf Suspensionen ausüben. Salzsäure wirkt noch in einer Verdünnung von einem Teile in fast $1^{1}/_{2}$ Millionen Teilen Wasser, und nicht viel grössere Konzentrationen sind von Chlormagnesium, Schwefelsäure und anderen Säuren zur Klärung erforderlich.

Diese Versuche sind in der That geeignet zur Aufhellung der Entstehungsbedingungen von Sedimenten an Flussmündungen, an denen dem trüben Flusswasser durch Vermischung mit Meerwasser namentlich Chlormagnesium und Chlornatrium in einer zur schnellen Klärung mehr als ausreichenden Menge zugeführt werden. Aber sie zeigen nicht nur, unter welchen Bedingungen Suspensionen gestört werden, sie lehren auch die Verhältnisse kennen, in denen die Entstehung von Suspensionen verhindert wird. Der schützende Einfluss der Vegetation auf die Erhaltung der Ackerkrume ist, wie sich jetzt übersehen lässt, nicht ausschliesslich auf mechanische Ursachen zurückzuführen. Indem die durch lebende oder verwesende Pflanzen gebildete Kohlensäure sich im fliessenden Wasser löst, vermindert sie dessen Fähigkeit, die Ackerkrume in Suspension zu bringen und fortzuführen.

Es handelt sich in diesem Beispiel um Vorgänge, die sich vor unseren Augen abspielen, und um Stoffe, deren Mitwirkung durch direkte Analyse festgestellt werden kann. Trotzdem ist es erforderlich, die Beobachtung durch den Versuch zu ergänzen. Wir können daraus entnehmen, wie unentbehrlich das Experiment sein wird für die Ermittelung von Bildungsvorgängen, die ihresgleichen heute auf der Oberfläche der Erde nicht mehr finden, deren Geschichte aus den unvollständigen Dokumenten geschöpft werden muss, die sie in der Erdrinde zurückgelassen haben.

Am erfolgreichsten war das Experiment auf dem Gebiete genetischer Forschung, auf dem die fruchtbare Verbindung von Beobachtung und Versuch zuerst geschlossen wurde. Im Kampfe der Meinungen über die Bildungsweise der Körper der Erdrinde, die sich im krystallisierten Zustande befinden, entstand um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts die Synthese der Mineralien und Gesteine. Anfänglich nur von Wenigen und in grossen Zwischenräumen gepflegt, erfreute sie sich im Laufe der letzten Jahrzehnte einer stetigen Förderung, und die Phase der Entwicklung, in die sie jetzt getreten ist, sichert ihr ergebnisreiche Fortschritte in der nächsten Zukunft. Ich bitte mir gestatten zu wollen, bei dieser festlichen Gelegenheit einen Rückblick auf die Wege zu werfen, welche die Synthese der Mineralien und Gesteine eingeschlagen hat.

Der Begründer dieses Wissenszweiges ist Sir James Hall. Nach langjährigen, mit hingebungsvoller Geduld ausgeführten Versuchen gelangen ihm die ersten erfolgreichen Schritte auf einer Bahn, die erst nach Jahrzehnten wieder betreten wurde.

Um Hall's Leistung würdigen zu können, müssen wir einen Augenblick verweilen bei dem Werke seines Lehrers und Freundes Hutton, das im Jahre 1785 unter dem Titel: Theorie der Erde der Kgl. Gesellschaft in Edinburgh vorgelegt wurde. Obwohl die von Hutton vorgetragenen genetischen Anschauungen noch vor dem grossen Aufschwunge entstanden sind, den die mineralogischen und geologischen Disciplinen am Ende des 18. Jahrhunderts nahmen, gelten sie nach der Ausbildung, die sie inzwischen erfahren haben, noch heute.

Hutton unterscheidet sich von seinen Vorgängern dadurch, dass er frei ist von einer vorgefassten Meinung über die Bildung der Gesteine. Seine Schlussfolgerungen wachsen naturgemäss aus der Beobachtung von Thatsachen, die ihre eigene Geschichte zu erzählen vermögen. Er geht davon aus, dass alle früheren Ereignisse auf der Erde am besten beurteilt werden können mit Hülfe der Vorgänge, die sich vor unseren Augen abspielen oder in der jüngsten Vergangenheit vollzogen haben. Die Gegenwart soll den Schlüssel für das Verständnis der Vorzeit liefern. Wir sind jetzt mit diesem Grundsatze so vertraut, dass wir geneigt sind, den grossen Fortschritt zu unterschätzen, der in seiner ersten klaren Erfassung und folgerichtigen Durchführung lag.

Hier interessieren uns vor allem Hutton's Anschauungen über die Bildung der krystallinischen Gesteine, durch die er in einen schroffen Gegensatz zu den damals herrschenden einseitig neptunistischen Dogmen von Werner trat. Auf seinen Wanderungen in Schottland hatte er zwischen geschichteten, aus Wasser abgesetzten Gesteinen zahlreiche ungeschichtete, massige Gesteine beobachtet. Aus ihrer Beschaffenheit und ihren Lagerungsverhältnissen glaubte er schliessen zu müssen, dass sie bei den Vorgängen, welche die ursprünglich horizontalen Schichten der Sedimente gebogen, aufgerichtet und zerbrochen haben, in geschmolzenem Zustande aus der Tiefe emporgepresst wurden und entweder Spalten ausfüllten oder zwischen die Sedimentschichten eindrangen. Unter diesen intrusiven Gesteinen befinden sich die Whinstones, die nicht nur in ihrer Struktur und Zusammensetzung modernen Laven gleichen, sondern auch deutliche Beweise für die hohe Temperatur, die sie ursprünglich besassen, in den Kontaktwirkungen auf die von ihnen durchsetzten Steinkohlenlager zurückgelassen haben. Hutton zog aus seinen Beobachtungen aber auch die für die Entwicklung zutreffender petrogenetischer Anschauungen überaus wichtige Folgerung, dass der Granit, der nach dem Dogma Werner's der erste Niederschlag aus dem Urmeere sein sollte,

das Erstarrungsprodukt eines Schmelzflusses bilde. Er gründete diese Ansicht vor allem auf die von ihm aufgefundenen Granitgänge, die von grossen Granitstöcken in die umgebenden Gesteine eindringen und sich in ihnen verzweigen. Niemand hatte vor Hutton gewagt die Vorstellung zu äussern, dass neben den Erstarrungsprodukten schmelzflüssiger Massen, die aus der Tiefe bis zur Oberfläche der Erde empordrangen, sich hier in Strömen ergossen und mit den losen Auswurfsmassen, von denen sie begleitet werden, an dem Aufbau von Vulkanen beteiligen, in der Erdrinde Erstarrungsgesteine vorhanden sind, die im flüssigen Zustande niemals die Erdoberfläche erreichten, sondern in ihrer ganzen Ausdehnung unterirdisch erstarrten und erst nach der Abtragung der überlagernden Gebirgsmassen sichtbar werden konnten.

Die anregende Kraft dieser Lehren zeigte sich darin, dass sie nicht nur neue Beobachtungen veranlassten, sondern auch die ersten Versuche zu Nachbildungen von Gesteinen und gesteinsbildenden Mineralien hervorriefen.

James Hall bemerkte, dass ein Teil der Schlüsse, die Hutton aus seinen Beobachtungen gezogen hatte, experimentell geprüft werden könne. Er drängte seinen Freund Versuche anzustellen oder ihm zu erlauben die erforderlichen Untersuchungen auszuführen. Aber dieser Vorschlag wurde nicht angenommen. Hutton glaubte, dass der Massstab der Vorgänge in der Natur so gross sei, dass eine Nachahmung im Laboratorium nicht zu vergleichbaren Ergebnissen führen könne. Er tadelte diejenigen, die über die grossen Prozesse im Mineralreich urteilen wollen, nachdem sie ein Feuer angezündet und auf den Boden eines kleinen Tiegels gesehen haben.

Der Hutton'schen Lehre, dass die krystallinischen Silikatgesteine aus Schmelzflüssen erstarrt seien, wurde entgegengehalten, dass geschmolzene Silikatmassen erfahrungsgemäss nur Gläser bilden können. Niemand hatte versucht experimentell zu prüfen, ob Bedingungen hergestellt werden können, unter denen Silikatschmelzen in den krystallisierten Zustand übergehen. Zur Aufsuchung dieser Bedingungen wurde James Hall veranlasst durch eine Beobachtung in einer Glashütte. Hier war ein Schmelzfluss durch langsame Abkühlung zu einem krystallinischen Aggregat erstarrt. Als aber ein Stück dieses Produktes nochmals geschmolzen und darauf rasch abgekühlt wurde, nahm es den glasigen Zustand an. Hall wiederholte den zufällig beobachteten Prozess und fand, dass er nach Belieben durch blosse Aenderung der Geschwindigkeit der Abkühlung amorphe oder krystallinische Pro-

dukte erzeugen könne. Darauf stellte er Schmelzflüsse von Whinstones und vulkanischen Laven her und gewann durch rasche Abkühlung allerdings Gläser. Wenn aber die Schmelzflüsse zunächst längere Zeit hindurch auf einer nur wenig erniedrigten Temperatur gehalten wurden, entstanden krystallinische Massen, die den ursprünglichen Gesteinen durchaus ähnlich waren. Diese Versuche gaben ihm die Erklärung einer Beobachtung, die er früher am Monte Somma angestellt hatte. Hier hatte er vertikal aufsteigende Lavagänge wahrgenommen, die an den Salbändern glasig erschienen, im Innern aber krystallinische Struktur zeigten. Er führte jetzt dieses Verhalten mit Recht auf die raschere Abkühlung der schmelzflüssigen Lava an den Wänden der von ihr erfüllten Spalten zurück. Und indem er nun noch die Analogie zwischen jenen vulkanischen Gängen und den zahlreichen Gangbildungen Schottlands feststellte, gab er durch das Zusammenwirken von Beobachtung und Versuch der Hutton'schen Lehre von der Entstehung dieser schottischen Gesteine aus Schmelzflüssen, die aus dem Erdinnern auf Spalten empordrangen, eine Grundlage, die nicht mehr erschüttert werden konnte.

Hall beseitigte noch einen zweiten schwerwiegenden Einwand gegen Hutton's Lehren. Es gelang ihm den Widerspruch aufzuheben, der darin zu liegen schien, dass in Formationen, die Hutton als sedimentäre, aber nachträglich durch Erhitzung umgeänderte Gebilde ansah, Lager von Marmor auftreten, und dass zuweilen Gesteine, die nach Hutton aus Schmelzfluss erstarrt sein sollten, in unmittelbarer Berührung mit krystallinischem kohlensauren Kalk stehen. Hutton erblickte in diesen geologischen Erscheinungen eine Wirkung hohen Druckes. Er schloss aus seinen Beobachtungen, dass selbst Calciumkarbonat unter hinreichender Erhöhung des äusseren Druckes geschmolzen werden könne, ohne die Kohlensäure zu verlieren. Aber er glaubte nicht, dass dieser Schmelzprozess mit den Hülfsmitteln des Laboratoriums ausgeführt werden könne. Er verwarf den Vorschlag von James Hall, einen Versuch zu unternehmen, der nach seiner Meinung misslingen und dann die durch Beobachtung in der Natur genügend festgestellten Thatsachen in Misskredit bringen würde.

Erst nach dem Tode seines Freundes begann Hall die Experimente. Er bewältigte im Jahre 1801 die Schwierigkeiten, die daraus entsprangen, ein Material für das Schmelzgefäss zu finden, das in hohen Temperaturen dem Druck der sich entwickelnden Gase widersteht, und war nun imstande Kreide oder dichten Kalkstein zu schmelzen und durch die bei der Abkühlung statt-

findende Krystallisation in ein dem Marmor ähnliches Aggregat von Kalkspathkörnern umzuwandeln. Das Auftreten von Marmor im Kontakt von Eruptivgesteinen und dichtem Kalkstein oder Kreide war jetzt verständlich.

Die bewunderungswürdige Geschicklichkeit Hall's und die Genauigkeit seiner Temperaturbestimmungen traten erst nach Jahrzehnten ins rechte Licht. Als G. Rose 1860 eine Wiederholung dieser Versuche unternahm, missglückte sie vollständig, so dass er die Vermutung aussprach, Hall habe zusammengebackene aber sonst unveränderte Kreide für Marmor gehalten. Erst als er darauf aufmerksam gemacht wurde, dass die noch vorhandenen Präparate von Hall unzweifelhaft körniger Kalkspat seien, wurden 1863 unter dem Beistande von Werner Siemens mit verbesserten Apparaten neue Versuche angestellt, die nun in der That zu dem gewünschten Resultat führten. Kreide wurde in den prächtigsten Marmor umgewandelt, im Ansehen dem carrarischen gleich.

Ein unmittelbarer Erfolg war James Hall nicht beschieden. Der allgemeinen Anerkennung und Verwertung seiner Ergebnisse stand nicht nur das festgewurzelte Vorurteil entgegen, dass der Experimentierkunst die Hülfsmittel der Zeit, der Massen und der Kräfte versagt sind, die der Natur bei ihren Bildungen zu Gebote stehen. Seine Resultate konnten nicht völlig überzeugend wirken, weil er sowenig wie seine Zeitgenossen imstande war den Schleier zu lüften, der die Zusammensetzung der dichten Gesteine und der von ihm künstlich dargestellten Körper verhüllte.

Erst am Ende des 18. Jahrhunderts hatte in der Mineralogie die Periode der quantitativen Untersuchungen begonnnen. Die Begründer der Krystallographie schufen die der Messung zugänglichen Begriffe, durch welche die Krystallform, die vorher als das allerunwesentlichste Kennzeichen der Mineralien angesehen wurde, in den Vordergrund des Interesses trat. Die Annahme, dass jede wesentliche Verschiedenheit der Krystallgestalt eine Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung anzeige, regte in hohem Grade zur analytischen Untersuchung der Mineralien an. Der Nachweis, dass die Atomhypothese auch für die in der Rinde unseres Planeten vorhandenen Verbindungen gilt, und die Entdeckung der Isomorphie erlaubten die Ergebnisse der Analysen zu entziffern und ein neues ungeahntes Licht über die chemische Natur der Mineralien zu verbreiten. Aus der Aufdeckung des Zusammenhanges zwischen den physikalischen Eigenschaften der Krystalle und ihren Formen entwickelten sich ungemein frucht-

bare Methoden zur Unterscheidung und Wiedererkennung der Mineralien, die später auch die Schwierigkeiten aus dem Wege räumen sollten, an denen die Untersuchung kryptomerer Gesteine noch Jahrzehnte hindurch scheitern musste.

Es ist begreiflich, dass die intensive Bearbeitung dieser weitgestreckten Gebiete, die ein Chaos von Einzelerscheinungen darboten, das Interesse an genetischen Problemen zurücktreten liess. Hiermit hängt es zusammen, dass in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts das Misstrauen in die Hülfsmittel der Mineralsynthese bestehen blieb.

Unter diesen Umständen wurden Beobachtungen auf einem verwandten Gebiete bedeutungsvoll für die Beurteilung der Mineralbildung. Bei Hüttenprozessen sah man zahlreiche krystallisierte Körper entstehen, deren vollkommene Ausbildung eine nähere Untersuchung nach den Methoden erlaubte, über welche die Mineralogie zu jener Zeit schon verfügte. Da überdies ein Teil dieser Körper mit wohlbekannten Mineralien übereinstimmte, so eröffnete sich nun die Aussicht, auch die Kenntnis der Entstehungsbedingungen dieser Stoffe durch Nachbildungen im Laboratorium erweitern zu können.

Das Studium der krystallisierten Hüttenprodukte und die Verwertung metallurgischer Erfahrungen zur Erklärung der Bildungsvorgänge von Mineralien wurde namentlich durch J. F. L. Hausmann gepflegt, der schon 1817 eine zusammenhängende Darstellung über diesen Gegenstand verfasste und in den Abhandlungen der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen veröffentlichte. Besonders erfolgreich waren die Beobachtungen, die E. Mitscherlich 1820 über den Kupferprozess von Fahlun anstellte. Er fand unter den krystallisierten Schlacken neben Oxyden und Sulfiden, die auch unter den Mineralien auftreten, mehrere Silikate, welche die Zusammensetzung und Krystallform weit verbreiteter Gemengteile von Eruptivgesteinen haben.

Die Fortführung dieser Untersuchungsrichtung hat noch in neuester Zeit mit den jetzt zu Gebote stehenden Bestimmungsmethoden viele für das Verständnis der Mineralbildung aus Schmelzfluss lehrreiche Ergebnisse geliefert. Hier soll nur ein negatives Resultat hervorgehoben werden. Es sind unter den bei Hüttenprozessen aus Schmelzflüssen entstandenen Silikaten niemals Alkalifeldspate wahrgenommen worden. Die Bildung dieser Glieder der Feldspatgruppe beansprucht aber das grösste Interesse, da sie zu den wichtigsten Gesteinsgemengteilen gehören. Daher hatte E. Mitscherlich schon vor der Veröffentlichung der soeben

erwähnten Arbeit und auch später wiederholt versucht durch Schmelzen von Kalifeldspat oder durch Zusammenschmelzen seiner Bestandteile Krystalle dieses Minerals darzustellen. Er erhielt bei der Erkaltung immer nur Gläser. Die Fruchtlosigkeit seiner Versuche wirkte geradezu abschreckend. Jahrzehnte hindurch wurde bezweifelt, dass es jemals möglich sein würde, Feldspate aus Schmelzfluss im Laboratorium krystallisieren zu sehen. Um so grössere Ueberraschung bereiteten die zufällig entstandenen Feldspatkrystalle, die in Mansfeldischen Kupferhochöfen und in einem Eisenhochofen zu Josephshütte bei Stolberg im Harz als Produkte der Einwirkung von Dämpfen auf die Ofenwände angetroffen wurden.

Schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war es einigen Forschern vergönnt, durch die eindringende Untersuchung fortdauernder Vorgänge, der Natur die Bedingungen der Bildung und Umbildung von Mineralien und Gesteinen abzulauschen und daraus den Weg zu entnehmen, den die Synthese dieser Gebilde einzuschlagen hat. Nachdem Gay-Lussac am Vesuv die prachtvollen auf der Oberfläche und in Hohlräumen der Lava sitzenden Eisenglanzkrystalle wahrgenommen hatte, gelang ihm ihre Synthese aus der Wechselwirkung derselben Stoffe, Wasserdampf und Eisenchlorid, die in thätigen Vulkanen scheinbar sublimierte Krystalle von Eisenoxyd zurücklassen.

Ein unübertroffenes Beispiel für die Vertiefung der Einsicht, die aus der Verbindung von Beobachtung und Experiment entspringt, gab Robert Bunsen. Im Sommer des Jahres 1846 begleitete er W. Sartorius von Waltershausen nach Island, um das Material zu chemischen Untersuchungen über die Gesteine und die gasförmigen Exhalationen der dortigen Vulkane zu sammeln. Er begnügte sich aber nicht mit einer analytischen Bearbeitung und beschränkte sich nicht darauf, lediglich die Möglichkeit der chemischen Vorgänge, welche die Thätigkeit der isländischen Vulkane begleiten, dargelegt zu haben. Er schritt vielmehr zu direkten Versuchen fort, durch welche diese Vorgänge in allen ihren Einzelheiten nachgebildet wurden. Auf solche Weise gelang es ihm die Prozesse der vulkanischen Gasbildung vollständig aufzuklären und den Zusammenhang aufzudecken, der in Island zwischen den thätigen Vulkanen und den zahllosen Thermalquellen besteht. Er wies nach, dass die mineralischen Bestandtheile dieser Quellen herrühren von der Einwirkung der mit dem Wasser ausströmenden vulkanischen Gase auf die Gesteine des Quellenbodens. Er verfolgte experimentell die dabei stattfindenden höchst merkwürdigen Gesteinszersetzungen und fand in ihnen den

Schlüssel für das Verständnis einer weit verbreiteten, aber völlig unbeachtet gebliebenen Klasse von Umbildungen der Gesteine, die jetzt allgemein unter dem von ihm vorgeschlagenen Namen der pneumatolytischen zusammengefasst werden. Das bekannteste Ergebnis dieser Arbeiten ist die Feststellung der Bedingungen für die Entstehung eines Geysirs. Indem Bunsen die Einwirkung des Geysirwassers auf das umgebende Gestein prüfte, gewann er Schritt für Schritt an der Hand des Versuches einen Einblick in den Mechanismus, der die Thätigkeit der Eruptionsquellen Islands unterhält. Er fand, dass in der Wechselwirkung von Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, erhitztem Wasser und Palagonit alle Bedingungen gegeben sind, deren die Natur bedarf, um einfache Kochquellen im Laufe der Jahrhunderte umzubilden zu jenen Geysirn, deren Strahlen aus der Spitze der von ihnen selbst geschaffenen, aus Kieselsinter aufgebauten Krater hervorbrechen.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts machte die Mineralsynthese raschere Fortschritte, namentlich in Frankreich, wo durch den Wetteifer einer Reihe ausgezeichneter Chemiker und Mineralogen neue und elegante Methoden ausgearbeitet wurden.

Ein Teil dieser Synthesen ist vom rein chemischen Standpunkte aus unternommen worden. Es handelte sich darum, eine möglichst grosse Zahl der in der Erdrinde auftretenden Verbindungen durch direkte oder indirekte Vereinigung der beteiligten chemischen Elemente zu reproducieren, ohne Rücksicht darauf, ob die angewendeten Verfahren eine Analogie darbieten zu den besonderen, in der Natur nachweisbaren Entstehungsbedingungen. Daher können viele Resultate dieser ausserordentlich ergiebigen Methoden nicht unmittelbar zur Erklärung der Bildungsweisen von Mineralien dienen. Trotzdem haben sie die Entwicklung der Mineralchemie in hohem Grade gefördert. Ist doch die planmässige Abweichung der Synthesen von den natürlichen Entstehungsweisen oft genug unentbehrlich für die Erweiterung unserer Kenntnisse von der chemischen Natur der Mineralien.

Eine der einfachsten und glücklichsten unter den hierher gehörigen Methoden verdanken wir J. J. Ebelmen. Sie besteht darin, die Bestandteile des darzustellenden Körpers mit einem Stoffe zusammenzubringen, der sich bei hohen Temperaturen so verhält, wie das Wasser gegen die in ihm löslichen Körper bei niedrigen Temperaturen. Dann können Lösungen hergestellt werden, aus denen sich beim Erkalten Krystalle des gewünschten Körpers abscheiden. Auf diese Weise gelang es Ebelmen eine grosse Zahl von Mineralien zu reproducieren, die mit den Hülfsmitteln

seiner Zeit für sich unschmelzbar waren. In derselben Richtung bewegen sich Versuche, die im Jahre 1852, als die Arbeiten von Ebelmen noch nicht erschienen waren, auf Veranlassung und unter der Leitung von Wöhler im hiesigen chemischen Laboratorium durch Manross ausgeführt wurden.

Es kann meine Absicht nicht sein, auf eine nähere Charakteristik dieser Forschungsrichtung einzugehen. Nur ein Resultat möchte ich hervorheben. Im Jahre 1877 gelang auf dem von Ebelmen eröffneten Wege die erste Synthese der Alkalifeldspate. Dieser unerwartete Erfolg wurde von P. Hautefeuille erreicht durch Erhitzen eines Gemenges von Wolframsäure mit einem sehr alkalischen Natrium- oder Kalium-Aluminium-Silikat auf 900° bis 1000°, oder durch Zusammenschmelzen eines Gemenges von Thonerde, Kieselsäure und einem Alkaliwolframiat. Letzteres wurde in späteren Versuchen durch ein Alkaliphosphat ersetzt. Durch Zusatz von Kieselfluorkalium bildeten sich schon bei viel niedrigeren Temperaturen Kaliumfeldspat und Quarz nebeneinander. Diese schön ausgebildeten Krystalle erinnerten Hautefeuille an das vorhin erwähnte Vorkommen in den Hochöfen von Sangerhausen. Er glaubte jetzt dessen Bildung darauf zurückführen zu können, dass bei einer Temperatur von etwa 800° flüchtige Alkalifluorphosphate auf die wesentlich aus Kieselsäure und Thonerde bestehenden Ofenwände einwirkten und dabei scheinbar sublimierte Feldspatkrystalle erzeugten. Um diese Vermuthung zu prüfen, erhitzte er in einem luftleeren Glasrohre ein Gemenge von saurem Kaliumphosphat, Kieselsäure und Thonerde mit Kieselfluorkalium und einigen Porzellanstücken auf 700°. Als das Rohr zerbrochen wurde, entwich langsam Fluorsilicium und auf dem Porzellan und dem Glasrohr krystallisierte Feldspat.

Sehr interessant sind die Versuche von Hautefeuille, durch welche er die Verschiedenheiten der Temperaturen feststellte, bei denen die Kieselsäure als Quarz oder als Tridymit krystallisiert. Im Jahre 1868 hatte G. vom Rath den Tridymit in Hohlräumen trachytischer Gesteine entdeckt und beobachtet, dass er zuweilen unmittelbar neben Quarz auftritt. Die bald darauf von G. Rose angestellten Versuche zur Darstellung krystallisierter Kieselsäure durch Schmelzen eines Gemenges von amorpher Kieselsäure mit Phosphorsalz oder Borax lieferten aber nur Tridymit. Ein im Prinzip wenig verschiedenes Verfahren gestattete Hautefeuille, krystallisierte Kieselsäure nach Belieben in einer der beiden Modifikationen zu gewinnen. Wird eine Schmelze von amorpher Kieselsäure und einem Alkaliwolframiat einer zwischen 950° und 800°

wechselnden Temperatur ausgesetzt, so bildet sich jedesmal beim Beginn der Abkühlung Tridymit, aber sobald die Temperatur unter 850° gesunken ist, entsteht Quarz.

Synthesen, wie die soeben beschriebenen, lehren allerdings mögliche Bildungsweisen von Mineralien kennen. Sie sind aber nicht imstande, das Auftreten dieser Körper in der Erdrinde zu erklären, da sie sich von den Vorgängen in der Natur allzu weit entfernen. Fruchtbarer wurden die Experimente, welche die Natur zur Führerin nahmen und alle Bildungsbedingungen zu berücksichtigen suchten, von denen uns charakteristische Spuren erhalten sind. Unter den Forschern, welche diesen Gesichtspunkt festhielten, ist in erster Linie H. de Senarmont zu nennen, dem es schon im Jahre 1851 durch bewunderungswürdige Synthesen gelang, die Entstehungsgeschichte der überwiegenden Mehrzahl aller Erzgänge aufzuhellen. Sein Verfahren ist deshalb so befriedigend, weil er die typischen Mineralien jener Gänge nicht einzeln, sondern in den Associationen darstellte, in denen sie in der Erdkruste auftreten, weil er nur mit solchen Stoffen operierte, die zu den verbreitetsten natürlichen Agentien gehören, und weil die von ihm gewählten Prozesse Analogieen finden in Vorgängen, die sich fortdauernd in der Erdrinde abspielen.

Die Thatsache, dass die Thermalquellen dieselben Stoffe enthalten, welche die Mineralien der Erzgänge zusammensetzen, und dass oft noch jetzt Thermalwässer auf Erzgängen emporsteigen, lässt vermuten, dass, abgesehen von mechanisch eingeführten Körpern, das Material der Gänge aus wässrigen Lösungen auskrystallisiert ist, die in Spalten der Erdrinde aufstiegen. Diese namentlich von Elie de Beaumont vertretene Ansicht entbehrte aber einer experimentellen Bestätigung. Noch hatte niemand in umfassender Weise durch Versuche gezeigt, dass die Mineralien der Erzgänge sich in der That aus wässrigen Lösungen abscheiden können. Ganz vereinzelt stand der Versuch von Schafhäutl, wonach das in einem hermetisch verschlossenen Gefässe über 100° erhitzte Wasser Kieselsäure aufzulösen und Quarzkrystalle auszuscheiden vermag, und das für jene Zeit sehr bemerkenswerthe Experiment von Wöhler, in welchem Apophyllit, der in Wasser bei 180 bis 190° unter einem Drucke von 10 bis 12 Atmosphären aufgelöst war, nach dem Erkalten wieder krystallisierte. Erst durch Senarmont wurde die Methode, aus wässerigen Lösungen krystallisierte Verbindungen darzustellen unter den Bedingungen der Temperatur und des Druckes, die in grösseren Tiefen der Erdrinde vorhanden sind, weiter ausgearbeitet und mit dem glück-

lichsten Erfolge durchgeführt. Seine klassischen Versuche haben der Thermalhypothese über die Entstehung der Erzgänge eine auf anderen Wegen nicht erreichbare Stütze verliehen.

Die allgemeine Bedeutung der Senarmont'schen Methode bewährte sich alsbald in den Experimenten, welche A. Daubrée in der Absicht unternahm, die Vorgänge bei der Entstehung metamorphischer Gesteine aufzuklären. Ein schwer schmelzbares, theilweise mit Wasser gefülltes, zugeschmolzenes Glasrohr wurde in ein gleichfalls hermetisch verschlossenes Eisenrohr gesteckt. Der ganze Apparat blieb während mehrerer Wochen einer der Rotglut nahekommenden Temperatur ausgesetzt. Auf diese Weise gelang es, das Glas unter Verlust von Kieselsäure, Natron und Thonerde in ein wasserhaltiges Silikat umzuwandeln. Auf dem zersetzten Glase hatten sich als Neubildungen Quarzkryställchen angesiedelt, von denen einige nach einer einmonatlichen Dauer des Versuches 2 mm Länge erreichten. In Dünnschliffen des veränderten Glases wurden unter dem Mikroskop Sphärolithe die wahrscheinlich aus Chalcedon bestehen, grüne Augitkrystalle und unzählige feinste nadelförmige Mikrolithe erkannt. Glasige vulkanische Gesteine verhielten sich ähnlich wie die künstlichen Gläser. Ueberhitztes Wasser übt demnach eine höchst energische Wirkung auf gewisse Silikate aus, indem es sie zersetzt und neue wasserhaltige oder wasserfreie Verbindungen hervorruft.

In den Ueberlegungen, die Daubrée an diese Versuche knüpfte, gelangte er zu petrogenetischen Anschauungen, die grossen Beifall fanden und einen nachhaltigen Eindruck machten. Er schrieb dem Wasser nicht nur eine wesentliche Mitwirkung bei der Entstehung metamorphischer Gesteine zu, sondern er glaubte annehmen zu dürfen, dass auch bei der Ausbildung von Krystallen in Eruptivgesteinen Wasser in derselben Weise beteiligt sei wie bei dem Versuch, wo es Gläser umwandelt und aus ihnen krystallisierte Körper entstehen lässt. An den thätigen Vulkanen beobachten wir, dass mit den Laven enorme Mengen von Dämpfen ausgestossen werden, unter denen Wasserdampf bei weitem vorherrscht. Obwohl die erstarrten Laven vollständig frei von Wasser sind oder nur geringe Spuren davon enthalten, wurde schon frühzeitig die Meinung geäussert, dass auch bei der Krystallisation der vulkanischen Gesteine das Wasser eine besondere Rolle gespielt habe und noch spiele. Diese Ueberzeugung fasste nun immer tiefere Wurzel. Daubrée gab ihr im Jahre 1860 am Schlusse seiner berühmten Abhandlung über den Metamorphismus und die Bildung der krystallinischen Gesteine in dem Satze Ausdruck, dass

man nicht erwarten könne, irgendwo in der Erdrinde Gesteine anzutreffen, von denen mit Sicherheit behauptet werden könne, ihre Bildung habe ohne jede Mitwirkung des Wassers stattgefunden. Wie übertrieben diese Vorstellung war, das sollte sich erst nach zwei Jahrzehnten ergeben, als die vergessenen Versuche von James Hall wieder aufgenommen wurden.

Inzwischen hatte die Kenntnis der Eruptivgesteine durch die Einführung mikroskopischer Untersuchungsmethoden eine mächtige Förderung erfahren. Die Zusammensetzung zahlreicher Felsarten, deren Bestandteile nicht mehr mit Auge und Lupe zu erkennen sind, wurde endlich aufgeklärt durch die unmittelbare Wahrnehmung ihrer Gemengteile unter dem Mikroskop. In genetischer Beziehung erwiesen sich vor allem bedeutungsvoll die Beobachtungen über die Ausbildung und Anordnung der Gemengteile der Eruptivgesteine. Schlagend war nun die Analogie in der Struktur von Gesteinsreihen, die von den ältesten geologischen Perioden bis auf unsere Zeit reichen, und immer klarer wurde erkannt, dass die Struktur der Eruptivgesteine nicht nur von ihrer stofflichen Natur, sondern ganz wesentlich von den äusseren Bedingungen abhängt, unter denen die Erstarrung erfolgt.

Die mikroskopische Untersuchung der Gesteine gab den Leitfaden für die Synthesen, durch welche F. Fouqué und A. Michel Lévy in den Jahren 1878 bis 1881 mit den einfachsten Hülfsmitteln eine grosse Zahl von Eruptivgesteinen aus Schmelzflüssen ohne Mitwirkung von überhitztem Wasser oder anderen Gasen reproducierten. Die Erwägungen, von denen diese Forscher ausgingen, waren folgende. In den recenten vulkanischen Gesteinen, die übrigens in jeder Beziehung mit zahlreichen geologisch älteren Eruptivgesteinen übereinstimmen, verläuft die Krystallisation der wesentlichen Gemengteile in zwei zeitlich getrennten Bildungsperioden. In der ersten Erstarrungsperiode, vor der Eruption, entstehen grosse Krystalle, deren Ausbildung langsam fortschreitet. In der zweiten Periode, während des Ergusses, bilden sich in dem Schmelzfluss zahllose kleinere Krystalle, die von der Bewegung der ganzen Masse ergriffen werden und durch ihre Anordnung die Fluktuationsstruktur des Gesteins bedingen. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die wesentlichen Gemengteile der vulkanischen Gesteine oder doch wenigstens die der zweiten Bildungsperiode sich direkt aus dem Schmelzfluss abgeschieden haben. Die Krystallisation ist an relativ enge Temperaturgrenzen gebunden, deren Ueberschreitung bewirken würde, dass schon vorhandene Krystalle wieder zerstört oder an Stelle von Krystallen

Gläser gebildet werden. Die mikroskopische Untersuchung der vulkanischen Gesteine führt also darauf, dass zur Nachbildung dieser Mineralgemenge dasselbe Verfahren der Kühlung von Schmelzflüssen benutzt werden muss, dessen James Hall sich bediente.

Hiervon ausgehend, haben Fouqué und Michel Lévy zunächst die Silikate, die in vulkanischen Gesteinen auftreten, für sich aus Schmelzflüssen dargestellt, indem sie diese hinreichend lange einer der Schmelztemperatur naheliegenden und nahezu konstanten Temperatur aussetzten. Das grösste Interesse aber mussten ihre Synthesen der vulkanischen Gesteine selbst erregen, denn es genügte die entsprechend zusammengesetzten Schmelzflüsse in der Weise allmählich erkalten zu lassen, dass zwei Kühlungen bei verschiedenen Temperaturen auf einander folgten, um die charakteristischen Mineralgemenge mit allen Eigentümlichkeiten ihrer Struktur zu erhalten. Mit der künstlichen Darstellung der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien, vor allem der Kalknatronfeldspate, des Leucit und des Nephelin, und mit der Reproduktion eines Theiles der Eruptivgesteine unter Bedingungen, die nachweisbar in der Natur vorhanden sind, hatte die Synthese einen Triumph gefeiert, wie er ihr seit langer Zeit nicht beschieden gewesen war.

Es darf indessen nicht unerwähnt bleiben, dass auch Fouqué und Michel Lévy sich vergeblich bemüht haben, Silikatschmelzflüsse von der Zusammensetzung der Alkalifeldspate und Aggregate mit den für granitische Gesteine charakteristischen Gemengteilen zu reproducieren. Um so wichtiger ist es, dass Ch. Friedel und Sarasin in den Jahren 1879 bis 1883 einen Weg zur Lösung des hier vorliegenden Problems eröffneten, indem sie nach der Senarmont'schen Metode, aber bei noch höheren Temperaturen in noch widerstandsfähigeren Metallgefässen aus Alkalisilikat und Aluminiumsilikat in Gegenwart von Wasser Aggregate von Alkalifeldspaten und Quarz oder Tridymit erzeugten.

Im Rahmen dieser Skizze darf ich nicht versuchen die erheblichen Fortschritte zu verzeichnen, die in den beiden letzten Jahrzehnten nach den bisher erwähnten Metoden auf dem Gebiet der Synthese von Mineralien und Gesteinen, zumal durch die umfassenden Arbeiten von J. Morozewicz errungen wurden. Die Kürze der Stunde gestattet nur noch einen flüchtigen Blick auf die ergiebige Quelle, die der Erkenntnis mineralbildender Vorgänge durch die Anwendung der Thermodynamik auf chemische Gleichgewichtszustände erschlossen worden ist.

Im Jahre 1850 veröffentlichte Bunsen eine Abhandlung über

den Einfluss des Druckes auf die mineralogische Zusammensetzung der plutonischen Gesteine, zu der er durch seine Untersuchungen über den inneren Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen Islands veranlasst wurde. Aus Analysen isländischer Gesteine zog er den Schluss, dass flüssige Silikatgemische von übereinstimmender chemischer Zusammensetzung zu Gesteinen von ganz verschiedener mineralogischer Beschaffenheit erstarren können. Es lag nahe zu fragen, ob unter die Einflüsse, welche diese Verschiedenheiten hervorrufen, die gewaltigen Druckkräfte zu zählen seien, denen jene Gesteine ausgesetzt waren. Obwohl aus den Volumenänderungen schmelzflüssiger Körper beim Erstarren eine Einwirkung des Druckes auf die Erstarrungstemperatur vorhergesehen werden konnte, waren Messungen darüber zu jener Zeit nicht bekannt. Bunsen konstruierte eine sinnreiche Vorrichtung, mit der er einen in ein Glasrohr eingeschlossenen Körper wachsenden und sofort messbaren Drucken unterwerfen und die dadurch bewirkte Aenderung der Erstarrungstemperatur beobachten konnte. Das Gesetz für die Abhängigkeit der Erstarrungstemperatur vom Druck war aus diesen wenigen vorläufigen Versuchen nicht ersichtlich. Aber es war deutlich zu erkennen, dass verschiedene Stoffe unter gleichen Druckänderungen erheblich verschiedene Aenderungen der Erstarrungstemperatur erfahren. Bunsen glaubte hieraus entnehmen zu können, dass unter wechselnden Drucken die Reihenfolge der Krystallisationen in Eruptivgesteinen, ja selbst deren chemische Zusammensetzung wechseln könne.

Das von Bunsen gesuchte Gesetz war schon ein Jahr zuvor von James Thomson durch thermodynamische Betrachtungen über die Wirkung des Drucks auf das Gleichgewicht von Wasser und Eis gefunden worden und die Folgerung, dass die Temperatur des schmelzenden Eises, die früher als konstant angesehen worden war, durch Steigerung des Druckes erniedrigt werden müsse, wurde von William Thomson in demselben Jahre, in welches die Versuche von Bunsen fallen, experimentell bestätigt.

In diesem ungewöhnlichen Verhalten des Eises war die Ursache allgemein bekannter aber bis dahin rätselhafter Vorgänge aufgefunden. Es war jetzt ersichtlich, dass die äusserst geringen Erniedrigungen der Schmelztemperatur des Eises durch äusseren Druck eine hervorragende Rolle spielen in der Bewegung der von Wasser durchrieselten Eisströme, die aus ihren Nährgebieten in den Regionen des ewigen Schnees unter der Einwirkung der Schwere langsam aber stetig und unwiderstehlich herabfliessen. Der scheinbare Widerspruch zwischen der Sprödigkeit des Eises und

seiner Fähigkeit, wie eine zähflüssige Masse zu fliessen, war nun aufgeklärt. Die Gletscherbewegung, bis dahin lediglich ein Objekt der Beobachtung und Beschreibung, war im Wesentlichen zurückgeführt auf ein experimentell festgestelltes Verhalten des Eises, das nach den Principien der Thermodynamik aus den bekannten Werten seiner Schmelztemperatur, seiner Volumenänderung beim Schmelzen und seiner Schmelzwärme vorausgesagt worden war.

Als nach einigen Jahrzehnten die Thermodynamik in umfassender Weise zur Grundlage experimenteller Untersuchungen über die hier in Betracht kommenden Vorgänge genommen wurde, zeigte sich der erste grosse Fortschritt darin, dass van't Hoff 1884 unter einen Gesichtspunkt die Gleichgewichtszustände solcher Systeme brachte, deren Umwandlungserscheinungen dem Process des Schmelzens und Erstarrens zur Seite gestellt werden können. Die von ihm und seinen Schülern ausgeführten Versuche über die umkehrbaren Umwandlungen krystallographisch verschiedener Modifikationen desselben Stoffes, über die Umwandlungstemperaturen krystallwasserhaltiger Salze, über die Bildung und Spaltung von Doppelsalzen und die dabei ausgebildeten experimentellen Hülfsmittel waren vorbildlich für die immer reicher sich entfaltenden Fortschritte auf dem Gebiet der Mineralsynthese.

Unmittelbar darauf begann das Studium der für alle Zeit denkwürdigen Arbeiten, in denen J. Willard Gibbs schon 1873—76 eine allgemeine Theorie der chemischen Gleichgewichtszustände aus den Principien der Thermodynamik entwickelt hatte. Die Fruchtbarkeit der Begriffe, die er geschaffen hatte, wurde nun allmählich gewürdigt. Die Tragweite der Gesetze, die von ihm in der grösstmöglichen Allgemeinheit abgeleitet, aber oft nur auf wenigen Zeilen erläutert worden waren, gewann in dem Masse, in welchem die von anderen Forschern auf selbständigen Wegen gefundenen speciellen Fälle darin wiedererkannt wurden, einen wachsenden Einfluss auf den Fortschritt der Wissenschaft. Keines dieser Gesetze hat anregender auf experimentelle Arbeiten gewirkt, wie die Beziehung zwischen den Anzahlen der unabhängigen Bestandteile und der möglichen koexistierenden Phasen eines heterogenen Systems, die unter der Bezeichnung der Gibbs'schen Phasenregel bekannt ist. Sie bietet ein unschätzbares Hülfsmittel zur Beurtheilung der Art eines Gleichgewichtszustandes durch die Bestimmung seiner Freiheitsgrade. Das Verhalten von Systemen mit gleichem Freiheitsgrade wird aber, wie Gibbs an einigen Beispielen zeigte, durch allgemeine Gesetze beherrscht, die von der grössten Bedeutung für die experimentelle Untersuchung sind.

Dahin gehören die Beziehung zwischen den Aenderungen des Druckes und der Temperatur in monovarianten Systemen und die Bedingungen, die erfüllt werden müssen, damit Gemenge sich wie einheitliche Stoffe verhalten. Nicht weniger anregend und fruchtbar wirkten die von Gibbs zur Untersuchung thermodynamischer Eigenschaften vorgeschlagenen geometrischen Darstellungen, die eindringlich das Ziel vor Augen führten, das dem Studium der chemischen Gleichgewichtszustände nun in der Aufsuchung aller Möglichkeiten von Zustandsänderungen gesteckt wurde.

Unter den erweiterten Gesichtspunkten entwickelte sich seit 1886 eine Forschungsrichtung, die darauf ausgeht, das Verhalten von heterogenen Systemen in so erschöpfender Weise zu untersuchen, dass von jeder einzelnen Phase und jedem Komplex von zwei oder mehr Phasen nicht nur die Existenz festgestellt wird, sondern das ganze Existenzgebiet, das bei Aenderungen der Faktoren des Gleichgewichts — der Konzentration, der Temperatur und des Druckes — nach den vorhandenen Freiheitsgraden durchlaufen werden kann. Es ergab sich jetzt, wie ausserordentlich lückenhaft unsere Kenntnisse bis dahin waren, selbst von solchen Systemen, die aus einem einzigen Paare von Bestandteilen aufgebaut werden. Sollte ich aus der grossen Reihe dieser Forschungen, die fast ausschliesslich von Niederländern ausgeführt wurden, eine hervorheben, so müsste ich die Arbeit von H. W. Bakhuis Roozeboom nennen, in der die möglichen Arten der Erstarrung von homogenen Schmelzflüssen zweier Komponenten, die nur Mischkrystalle bilden können, vorausgesagt werden.

Naturgemäss wurden mit Vorliebe die Krystallisationen von Salzen aus wässerigen Lösungen studiert. Wie weit die Untersuchungen auf diesem Gebiet im Laufe der letzten 15 Jahre gediehen sind, geht daraus hervor, dass die Feststellung der Existenzgebiete aller Verbindungen, die sich aus einer so compliciert zusammengesetzten Lösung, wie sie das Meerwasser darstellt, bei wechselnden Temperaturen und Drucken ausscheiden können, durch van't Hoff und seine Mitarbeiter schon 1897 in Angriff genommen und mit den glänzendsten Erfolgen systematisch fortgeführt werden konnte. Wir lernen daraus jetzt die Bedingungen kennen, unter denen die aus Meerwasser krystallisierten Salzlager, insbesondere die reichgegliederten Lagerstätten des mittleren Deutschlands entstanden sind. Aber die Untersuchung wird so allgemein geführt, dass die im Meerwasser vorliegende Lösung nur als ein specieller Fall aller Lösungen erscheint, die aus denselben Bestandteilen gebildet werden können.

Die ganz unerwarteten Einblicke, die auf solchen Wegen in mineralbildende Vorgänge gewonnen worden sind, lassen uns mit den grössten Hoffnungen auf die weitere Entfaltung des Wissenszweiges blicken, aus dessen Entwicklungsgeschichte ich Ihnen einige charakteristische Züge vorführen durfte, zu seiner Säkularfeier, zum Gedächtnis von James Hall.

Ich wende mich nun zu der eigentlichen Aufgabe der heutigen Feier, zur Verkündigung der Urteile der Fakultäten über die Bearbeitungen, welche die im vorigen Jahre gestellten Preisaufgaben gefunden haben, und zur Bekanntmachung der neuen Aufgaben.

Die theologische Fakultät hatte als wissenschaftliche Preisaufgabe gestellt:

„Darstellung und Beurteilung des Begriffs des Erlaubten in der theologischen Ethik."

Es sind zwei Bearbeitungen bei ihr eingegangen. Die eine, mit dem Motto: „*πάντα εἰς δόξαν θεοῦ ποιεῖτε*" konnte für den Preis nicht in Betracht gezogen werden, da sie die Selbständigkeit bei der Prüfung des Standes der Frage und das tiefere Eingehen in die Schwierigkeiten der Aufgabe noch zu sehr vermissen lässt.

Auch die Arbeit mit dem Motto: „*ἐγενόμην τοῖς ἀνόμοις ὡς ἄνομος*" kann als vollbefriedigende Lösung der Aufgabe nicht angesehen werden, da der Schlussteil, welcher die eigene Auffassung darlegen soll, an systematischer Gewandtheit und an rechter Klarheit zu viel zu wünschen übrig lässt. Aber der Verfasser zeigt auf der andern Seite in der Darstellung, Zusammenordnung und Kritik der bisher vorliegenden Lösungen der Frage so viel Gründlichkeit, Besonnenheit und Selbständigkeit, und lässt fleissiges Studium und theologisches Urteil so deutlich erkennen, dass die Fakultät, mit Einwilligung des Herrn Kurators, beschlossen hat, ihm als Zeichen der Anerkennung die Hälfte des Preises zuzuerkennen, wenn er dem Dekan der Fakultät seinen Namen bekannt gemacht haben wird.

Ueber den von der Fakultät gestellten Predigttext Matth. 21, 28—32 sind drei Predigten eingereicht worden, welche sämmtlich als in ihrer Art erfreuliche Zeichen von Fleiss und Begabung bezeichnet werden dürfen. Jedoch zeigen sich die beiden Pre-

digten mit dem Motto: „Gott widerstehet dem Hoffärtigen“ und: „Danach reuete es ihn und ging hin“ der homiletischen Aufgabe insofern nicht gewachsen, als beide den gegebenen Stoff einseitig benutzen, ohne den centralen Gedanken zur vollen Durchführung und Anwendung zu bringen.

Auch die Predigt mit dem Motto: „O welch eine Tiefe des Reichtums“ leidet sowohl in sachlicher wie in formeller Hinsicht an mancherlei Mängeln. Da sie indessen durch ihre wohlgeordnete Anlage und klare Ausführung des Themas, sowie durch einen gewissen Gedankenreichtum und lebendige Darstellung eigentümliche Vorzüge bietet, konnte sie zum öffentlichen Vortrage zugelassen werden. Nachdem sie würdig und erbaulich vorgetragen ist, beschloss die Fakultät, mit Genehmigung des Herrn Kurators, dem Verfasser die Hälfte des Preises zuzuwenden.

Sein Name ist

stud. theol. Wilhelm Zwick aus Ilfeld.

Die juristische Fakultät hatte als Preisaufgabe gestellt:

„Die Wirkung der Rechtskraft des Civilurteils für und gegen Dritte.“

Es ist rechtzeitig eine Bearbeitung eingegangen mit dem Motto: „Durch das römische Recht, aber über dasselbe hinaus.“

Das Urteil der Fakultät lautet: Der Verfasser hat sich darauf beschränkt, dasjenige zusammenzustellen, was er über das Thema in Lehrbüchern und Kommentaren vorfand. Dagegen hat er die Speciallitteratur fast völlig unberücksichtigt gelassen und nirgends den Versuch gemacht, durch selbständige kritische Erörterung, durch historische Entwicklung oder durch nähere dogmatische Ausgestaltung die Lehre weiterzuführen. Die Fakultät ist daher nicht in der Lage, der Arbeit den Preis zuzuerkennen.

Auf die Preisfrage der medizinischen Fakultät ist eine Bearbeitung nicht eingelaufen.

Die philosophische Fakultät hatte zwei Preisaufgaben gestellt:

1) Ueber das Thema: „Entwicklung des Landratsamtes in Mecklenburg und Pommern“ ist unter dem Motto: „Wohl denen, die des Wissens Gut nicht mit dem Herzen zahlten“ nur ein

Bruchstück einer Bearbeitung eingegangen. Es zeigt zwar deutlich, dass der Verfasser die historische Methode sicher und gewandt handhabt, und wahrscheinlich würde er bei zweckmässiger Anwendung seiner Zeit eine Arbeit geliefert haben, die des Preises durchaus würdig gewesen wäre. Diesen dem vorgelegten Fragment zuzuerkennen war die Fakultät, da der Abstand zwischen der Forderung und der Leistung allzu gross ist, zu ihrem Bedauern nicht im Stande.

2) Die zweite Aufgabe lautete: „Es sollen solche Flächen ermittelt und studiert werden, auf denen es eine Schar von geschlossenen, d. h. in sich zurückkehrenden geodätischen Linien giebt. Zur Behandlung dieser Aufgabe berücksichtige man die Beziehung der Theorie der geodätischen Linien zur Mechanik eines Punktes. (Vergl. insbesondere die Bemerkungen bei Darboux, Leçons sur la théorie générale des surfaces, Bd. 2, No. 547)."

Hierauf ist eine Bearbeitung eingegangen mit dem Motto: „Les solutions périodiques sont une brèche par laquelle nous puissons essayer de pénétrer dans une place jusqu'ici réputée inabordable." (Poincaré).

Die Fakultät urteilt darüber folgendermassen:

Nach Charakterisierung der Gesichtspunkte und Methoden, die zur Gewinnung von Flächen mit einer Schar geschlossener geodätischer Linien dienen, behandelt der Verfasser im ersten Teil seiner Arbeit spezielle Klassen von Flächen mit der genannten Eigenschaft und zwar die Kanalflächen, die sich als die allgemeinsten Flächen mit einer Schar ebener geschlossener geodätischer Linien herausstellen, die Schraubenflächen und die Rotationsflächen. Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich insbesondere mit solchen Flächen, auf denen alle geodätischen Linien geschlossen sind. Während nun eine von Darboux herrührende Methode zur Konstruktion solcher Flächen stets berandete Flächen liefert, gelingt es dem Verfasser eine singularitätenfreie im Endlichen geschlossene Fläche zu konstruieren, die lauter geschlossene geodätische Linien besitzt und die nicht die Kugel ist.

Die Arbeit enthält eine Reihe neuer und interessanter Resultate; sie ist sehr gut disponirt und in einem leichtlesbaren klaren Stil geschrieben. Sie erledigt die gestellte Preisaufgabe in befriedigendster Weise. Die Fakultät hat beschlossen ihr den vollen Preis zu erteilen.

Der Verfasser dieser Arbeit ist:

stud. phil. Otto Zoll aus Düren (Rheinland).



Für das Jahr 1901/1902 werden folgende Preisaufgaben gestellt:

Von der theologischen Fakultät:

1. Für die wissenschaftliche Preisarbeit:
„Die neueren Versuche, den Gottesknecht in Jesaja 40—55 zu verstehen, sollen dargestellt und beurteilt werden."
2. Für die Preispredigt der Text:
„Galaterbrief 2, 20."

Von der juristischen Fakultät:

„Die gerichtliche Voruntersuchung. Gewünscht wird eine Uebersicht über die geschichtliche Entwicklung der Voruntersuchung sowie eine Klarstellung ihrer Bedeutung im heutigen deutschen Strafprozess unter Berücksichtigung der darüber von verschiedenen Seiten geäusserten Ansichten und der darauf basirenden Reformvorschläge."

Von der medizinischen Fakultät:

„Das Agglutinationsvermögen des mütterlichen und fötalen Blutes ist durch experimentelle Untersuchungen am Menschen und am Tier im Anschluss an die aus neuerer Zeit vorliegenden Arbeiten zu ermitteln. Es soll geprüft werden, ob die Ergebnisse neue Gesichtspunkte für die Immunitätslehre eröffnen."

Von der philosophischen Fakultät:

1. „Hesiodi Theogoniae et Operum loci de Prometheo quam inter se rationem habeant et quomodo cum ipsorum carminum compositione coniuncti sint, quaeratur."
2. „Die Fakultät wünscht eine experimentelle Untersuchung über die Abhängigkeit der Absorption des Lichtes von der Farbe in krystallisirten Körpern."

Die Bedingungen für die Konkurrenz, sowie alles Weitere für die Bearbeiter Wissenswerte wird durch Anschlag am schwarzen Brett bekannt gemacht werden.

Hieran knüpfe ich einen kurzen Bericht über die wichtigsten äusseren Ereignisse, die seit der vorjährigen Feier an unserer Universität eingetreten sind.

Am 18. Januar dieses Jahres hat die Universität das zweihundertjährige Jubiläum des Königreiches Preussen und den Geburtstag Seiner Majestät des Kaisers und Königs gefeiert.

Durch den Tod wurden uns zwei Kollegen geraubt. Am 6. September des vorigen Jahres starb in seinem 75. Lebensjahre der Senior der philosophischen Fakultät, Professor der Landwirtschaft Dr. phil. Friedrich Griepenkerl, der seit 1850 unserer Universität angehörte. Am 14. Februar 1901 starb in seinem 68. Lebensjahre der ausserordentliche Professor der Pharmakologie Dr. med. Theodor Husemann, der 1865 als Privatdocent in den Lehrkörper eingetreten war.

Auch in der Reihe unserer Studierenden hat der Tod Lücken gerissen. Wir haben im verflossenen Jahre 7 Studierende verloren, darunter leider 4 durch Typhus und 2 durch Selbstmord.

Von den Mitgliedern des Lehrkörpers wurden fünf in andere Stellungen berufen:

Der ordentliche Professor der medizinischen Fakultät Geheimer Medizinalrat Dr. med. Hermann Schmidt-Rimpler wurde vom 1. April 1901 ab an die Universität Halle versetzt.

Der ausserordentliche Professor der juristischen Fakultät Dr. jur. Leo von Savigny wurde im Herbst 1900 als Hülfsarbeiter in das Kultusministerium berufen.

In Folge einer Berufung an die Technische Hochschule zu Berlin verliess uns der ausserordentliche Professor in der philosophischen Fakultät Eugen Meyer.

Der Privatdocent der juristischen Fakultät Dr. jur. Walther Schücking wurde zum ausserordentlichen Professor an der Universität Breslau, der Privatdocent der theologischen Fakultät Lic. theol. Dr. phil. Hans Achelis zum ausserordentlichen Professor an der Universität Königsberg ernannt.

Dagegen hat die Universität durch Berufungen gewonnen: in der juristischen Fakultät den ordentlichen Professor Dr. jur. Paul Schoen, früher in gleicher Eigenschaft in Jena, in der medizinischen Fakultät den ordentlichen Professor Geheimen Medizinalrath Dr. med. Arthur von Hippel, bisher in gleicher Eigenschaft in Halle und den ordentlichen Professor Dr. med. Max Verworn, bisher ausserordentlicher Professor in Jena, in der philosophischen Fakultät den ausserordentlichen Professor Dr. phil. Hans Lorenz, bisher in gleicher Eigenschaft in Halle, und den ausserordentlichen Professor Dr. phil. Alfred Koch, bisher Lehrer der Naturwissenschaften an der Grossherzoglich hessischen Wein- und Obstbauschule zu Oppenheim am Rhein.

Beförderungen sind folgenden Mitgliedern des Lehrkörpers zu Theil geworden. Zum ordentlichen Professor in der medizinischen Fakultät wurde ernannt der Privatdocent Professor Dr.

med. August Cramer, zum ausserordentlichen Professor in der theologischen Fakultät der Privatdocent Professor Lic. theol. Dr. phil. Alfred Rahlfs.

Habilitirt haben sich in der juristischen Fakultät Dr. jur. Heinrich Titze, Dr. jur. Wilhelm Höpfner, Dr. jur. Julius Gierke und Dr. jur. Paul Knoke, in der medizinischen Fakultät Dr. med. Franz Schieck, bisher Privatdocent in Halle, in der philosophischen Fakultät Dr. phil. Albert Goedeckemeyer und Dr. phil. Johannes Stark.

Die Frequenz der Universität ist im letzten Jahre noch weiter gestiegen. Es waren im Wintersemester 1333 und sind in diesem Sommer 1409 Studierende immatrikuliert, gegen 1248 und 1344 im Vorjahre. Die Erlaubnis zum Hören der Vorlesungen erhielten, ohne immatrikuliert zu sein, im Winter 88, im Sommer 95 Personen. Darunter befinden sich im Winter 37, jetzt 35 Damen. Der Zuwachs ist am stärksten in der philosophischen Fakultät, der im Sommer 1894 223 Studierende angehörten, während jetzt 684 Studierende bei ihr eingeschrieben sind.

Die Königliche Staatsregierung hat ihre Fürsorge für unsere Universität nach allen Richtungen bethätigt.

Da mit der reicheren Gliederung des Unterrichts die Ausbildung der Wissenschaft in Wechselwirkung steht, begrüssen wir es mit besonderer Freude, dass durch den Staatshaushalts-Etat für 1901 zwei neue Professuren in der philosophischen Fakultät begründet worden sind: ein Ordinariat für anorganische Chemie und ein Extraordinariat für landwirthschaftliche Bakteriologie; die hierdurch erforderlich gewordenen neuen Institute sind in Aussicht genommen.

Im Entstehen begriffen sind der Erweiterungsbau des Auditoriengebäudes, der dem dringenden Bedürfniss einer Vermehrung der Hörsäle abhelfen wird, der Erweiterungsbau des naturhistorischen Museums, durch den die Raumbedürfnisse der darin untergebrachten Institute befriedigt werden sollen, und zwei Neubauten im botanischen Garten.

Erfreuliche Fortschritte haben auch die seit dem Jahre 1876 erwogenen und mannigfach abgeänderten Pläne zur Förderung der Leibesübungen der Studierenden gemacht. Am 22. April dieses Jahres wurde die neue Universitäts-Fechthalle ihrer Bestimmung übergeben. Durch Vertrag mit den städtischen Collegien ist die Herrichtung eines akademischen Spielplatzes am Fusse des Hainberges gesichert worden. Endlich haben wir begründete Aus-

sicht, dass dem Bedürfniss nach einer akademischen Turnhalle schon in der nächsten Zukunft abgeholfen werden wird.

Für das akademische Krankenpflege-Institut sind mit ministerieller Genehmigung neue Bestimmungen aufgestellt worden, die im nächsten Winter-Semester in Kraft treten werden. Mitglieder, Docenten und Assistenten der medizinischen Fakultät haben sich in dankenswerthester Weise bereit erklärt, die ärztliche Behandlung erkrankter Studierender zu übernehmen.

Am 13. und 14. Mai dieses Jahres hat Seine Excellenz der Herr Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten Dr. Studt der Universität die hohe Ehre seines Besuches erwiesen. Im Namen des Lehrkörpers darf ich auch öffentlich dem ehrerbietigsten Danke für das lebhafte und wohlwollende Interesse Ausdruck geben, mit welchem der vorgesetzte Herr Minister von einem grossen Theile der Einrichtungen unserer Universität Kenntnis genommen hat.

Hochgeehrte Versammlung! Die Stunde, die unsere Studierenden zu neuer eifriger Arbeit auffordert, weckt die Empfindung, dass jedwede Pflichterfüllung unseres Lebens Kraft und Freudigkeit schöpft aus der Liebe zum Vaterlande, in dessen Dienst wir stehen, und zu seinem erhabenen Haupte, unter dessen starkem Schutze die Werke des Friedens gedeihen. Lassen Sie uns diesem Gefühle Ausdruck geben; lassen Sie uns dem Lenker des Reiches und unseres Staates in Dankbarkeit, Ehrfurcht und Treue huldigen mit dem einmütigen Rufe:

Seine Majestät, unser allergnädigster Kaiser und König, Wilhelm II., lebe hoch!


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06834 3410



